Aus dem Institut
für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
(Leiter des Fachbereichs Virologie :
Dir. und Prof.Dr.med. J.M. López Pila)
des Bundesgesundheitsamtes

Entwicklung eines einfachen Schnellverfahrens zur Ermittlung der Desinfektionskapazität im Schwimmbadwasser

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Deckers, Christoph
aus Berlin

1986

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549614_0028

Aus dem

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
(Leiter des Fachbereichs Virologie:
Dir. und Prof. Dr. med. J. M. López Pila)
des Bundesgesundheitsamtes

Entwicklung eines einfachen Schnellverfahrens zur Ermittlung der Desinfektionskapazität im Schwimmbadwasser

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Zahnarzt Christoph Deckers

aus Berlin

Referent: Direktor und Professor Dr. med. J. M. López Pila

Korreferent: Professor Dr. med. Volker Lenk

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 17.12.1986

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	7
2.	Material und Methode	24
2.1.	Modellversuch zur Messung der Chlorzehrung durch bakteriellen Eintrag	24
2.1.1.	Material	24
2.1.2.	Herstellung von Chlorwasser	25
2.1.3.	Herstellung der Testsuspension	26
2.1.4.	Versuch zur Messung der Chlorzehrung durch bakteriellen Eintrag	27
2.2.	Versuch zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli - Suspension im Becherglas	32
2.2.1.	Material	32
2.2.2.	Versuch zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli - Suspension im Becherglas	33
2.3.	Versuch zur Bestimmung der Koloniezahl	34
2.3.1.	Material	34
2.3.2.	Bestimmung der Koloniezahl	35
2.4.	Versuch zur Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa	37
2.4.1.	Material	37
2.4.2.	bestimmung von Pseudomonas aeruginosa	38
3.	Ergebnisse	40
3.1.	Ergebnisse des Versuchs zur Messung der Chlorzehrung durch bakteriellen Eintrag	40

3.2. Ergebnisse des Versuchs zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli - Suspension im Becherglas 44
3.3. Ergebnisse des Versuchs zur Bestimmung der Koloniezahl 50
3.4. Ergebnisse des Versuchs zu Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa 55
4. Diskussion 56
5. Zusammenfassung 64
6. Registrierungsblätter der einzelnen untersuchten Schwimmbäder 66
7. Schrifttum 82
8. Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen 91

Einführung

2. Einführung

In den letzten Jahren hat sich immer mehr die Ansicht durchgesetzt, daß durch sportliche Betätigung vielen Zivilisationskrankheiten, die vorwiegend durch mangelnde Bewegung entstehen, vorgebeugt werden kann. Zu diesen Krankheiten zählen vorrehmlich Haltungsschäden und Herz- und Kreislauferkrankungen (16). Neben dem Dauerlaufen, das in diesem Zusammenhang fast zu einer Volksbewegung wurde, ist vor allem das Schwimmen in der Breitenwirkung allen anderer Sportarten überlegen.

Neben den gesundheitlichen Vorzügen des Schwimmens müssen für den Badegast in einem Hallenbad auch Risiken ausgeschlossen werden. Aus seuchenhygienischer Sicht sind dies Infektionsgefahren, die durch das Schwimmen im Wasser auftreten können, aber auch durch den Aufenthalt in den Räumen der Badeanstalt bedingt sein können (Dusche, Umkleide etc.). Nach EICHELSDÖRFER ist Ziel und Aufgabe einer Badewasseraufbereitung, jegliches Infektionsrisiko für den Badenden in allen Teilen der Schwimmbeckenanlage auszuschließen (14).

Erreger von Infektionskrankheiten können primär im Wasser vorhanden sein oder sekundär hinein-

getragen werden, wobei der Badende selbst als hauptsächliche Infektionsquelle anzusehen ist. Vom Badegast können Keime abgeschwemmt bzw. ausgeschieden werden von der gesamten Hautoberfläche, von den Schleimhäuten des Mundes, des Nasen - Rachenraumes und der Vagina, vom Anus und der Urethra. Die Hautoberfläche eines jeden [illegible] Pilzen besiedelt, von denen beim Aufenthalt im Wasser eine große Zahl, meist zusammen mit abgeschilferten Epithelien, abgeschwemmt werden. Bei quantitativen Untersuchungen mit Versuchspersonen konnte festgestellt werden, daß während eines Bades von fünf Minuten Dauer in einer 150 Liter fassenden Wanne ohne Verwendung von Seife 600 Millionen Keime abgespült werden (16). In einem Schwimmbad dürfte die abgeschwemmte Keimmenge während eines Bades kaum geringer sein (5).
Neben der Hautoberfläche gelten die Schleimhäute als Hauptverkeimungsquelle. Keime gelangen vor allem, neben [illegible] Das vom Schwimmer aufgenommene Wasser wird nur selten geschluckt, sondern meist mit der oralen Flora vermischt wieder ausgespien (21).
Eine weitere Verunreinigung erfolgt durch organische und anorganische Stoffe, [illegible]

durch den Badegast eingetragen werden. Dabei kann es sich um Haare, abgeschilferte Hautteilchen, Speichel, Nasen - Rachen - Sekret, Schweiß, Harnbestandteile, Salben, Kosmetika, Seifenreste, Textilteile der Badebekleidung u. a. handeln (16). Diese Stoffe liegen zu geringen Teilen suspendiert, meist jedoch in kolloidaler Form vor (24). Ihre chemische Zusammensetzung ist nicht bekannt, so daß die Menge nicht direkt bestimmt werden kann, sondern mit Hilfe der Oxidierbarkeit in $KMnO_4$ mengenmäßig charakterisiert wird. Untersuchungen von HÄSSELBARTH folgend, entspricht die von einem Badegast während eines Bades abgegebene Menge organischer Substanzen einem Verbrauch an Kaliumpermanganat von 4 - 6g (24). Angaben von CARLSON besagen, daß jeder Erwachsene innerhalb kürzester Zeit 500 mg organische Substanzen an das Wasser abgibt (5).

Durch vom Badegast eingetragene organische und anorganische Substanzen kommt es an der Grenze zwischen Luft und Wasser zur Ausbildung eines keimreichen Oberflächenfilms. Untersuchungen ergaben in dem Film bis zu 1000fach höhere Keimzahlen als in tieferen Wasserschichten (16). Qualitative Angaben von HEINTZ besagen, daß sich die Bakterienflora an der Wasseroberfläche überwiegend aus gramnegativen Stäbchen der Pseudomona aeruginosa - Gruppe, aus Streptokokken und Mikrokokken zusammensetzt (26). Da der Badende mit

dieser Wasserschicht der intensivster Kontakt hat, kommt ihr bei der Übertragung von Infektionen, vor allem des Nasen - Rachen - Raumes, der Augen und der Ohren, besondere Bedeutung zu. Verstärkend erscheint hierbei, daß durch den Badegast eingetragene organische und anorganische Verunreinigungen die Bakterien vor der Desinfektionsmittelwirkung schützen. Ursache einer mangelnden Desinfektionsmittelwirkung ist gerade diese Abkapselung von Keimen in organischen Schutzhüllen und weniger die Resistenz der Keime selbst (8). Es konnte gezeigt werden, daß durch kolloidale Bestandteile die Diffusionsschicht zwischen Mikroorganismen und dem umgebenden Milieu dicker und der Weg des Desinfektionsmittels größer wird, womit sich auch die Desinfektionszeit verlängert. Dabei läuft die Kolloidummantelung der Mikroorganismen schneller ab als die eigentliche Desinfektion (8, 9).

Die entscheidende Aufgabe der Badewasseraufbereitung besteht also darin, in allen Teilen der Schwimmbeckenanlage eine Wasserbeschaffenheit zu erzielen, die jegliches Infektionsrisiko für den Badegast ausschließt. Um dies zu gewährleisten, bedient man sich heute verschiedener Verfahrenskombinationen zur Wasseraufbereitung, die sich im wesentlichen aus Desinfektion, Adsorption, Filtration und Flockung zusammensetzen.

In Deutschland werden Desinfektionsverfahren benutzt, die vorwiegend auf Chlorbasis beruhen. Die desinfizierende Wirkung des Chlors hängt ab von der Bildung von HOCL (unterchlorige Säure) mit Wasser und deren Fähigkeit, Lebensvorgänge von Mikroorganismen zu stören. HOCL unterbricht besonders die Funktion von Enzymen der Proteinsynthese, der Sauerstoffaufnahme sowie Vorgänge der oxydativen Phosphorylierung (19, 34). Chlor zerfällt in Wasser zu unterchloriger Säure und Salzsäure ($Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HOCl$). Im sauren Bereich bleibt HOCL undissoziiert. Da HCl aber durch im Wasser vorhandene Karbonate und Bikarbonate neutralisiert wird, kann die unterchlorige Säure dissoziieren in $HOCl \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$. Dieser Vorgang ist pH - abhängig. So bleibt HOCL bei pH 5 vorwiegend undissoziiert; bei pH 6 entsteht ca. 3%, bei pH 8 75% und bei pH 9 sogar fast 100% ClO^- . Im Wasser nachweisbares HOCl und ClO^- wird als freies Chlor bezeichnet (10, 16, 30).

Dieses sehr reaktionsfreudige freie Chlor reagiert mit organischen und anorganischen Verschmutzungen, wobei besonders mit Ammoniak und Harnstoff stickstoffhaltige Chlorverbindungen entstehen. Diese Chloramine (Monochloramin NH_2Cl, Dichloramin $NHCl_2$, Chlornitrit NCl_3) wurden früher zur Langzeitdesinfektion von Trinkwasser eingesetzt. Im Schwimmbadbereich entstehen sie durch die Anwesenheit

von Ammoniak und Ammoniumverbindungen zwangsläufig. Diese stickstoffhaltiger Chlorverbindungen werden als "gebunden wirksames Chlor" bezeichnet. Chloramine wirken zwar auch desinfizierend, die Keimtötungsgeschwindigkeit gegenüber freiem Chlor ist aber erheblich reduziert. So ist die Desinfektionswirkung einer Einheit freier Chlors als HOCl ca. 25-100mal größer als die einer Einheit Monochloramin (16).

Als Nebenwirkungen des Chlors und seiner Verbindungen treten Erscheinungen auf, die von den Badegästen als unangenehme Belästigung empfunden werden, wie z.B. Chlorschnupfen, Haut- und Augenreizungen (23). An Hand von Versuchen mit Kaninchen konnte EICHELSDÖRFER nachweisen, daß erst sehr hohe Konzentrationen von freiem Chlor Binnenhautentzündungen verursachen (15). Gebunden wirksames Chlor, besonders als Monochloramin, ist jedoch wesentlich reizintensiver und löst bereits bei 4 mg/l eine Konjunktivitis aus. Somit sind in erster Linie die Chlorstickstoffverbindungen für die eigentlichen Reizerscheinungen verantwortlich (15). Diese Verbindungen verursachen den unangenehmen Chlorgeruch, der früher als typischer Hallenbadgeruch bekannt war, und dessen Fehlen heute als Qualitätsmerkmal angesehen wird.

Vom Gehalt des Wassers an organischen Materialien ist auch die Konzentration der entstehenden

halogenierter Kohlenwasserstoffe abhängig (Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, 1,2-Dichloräthan, Vinylchlorid, Trichloräthylen u.a.). Aus der Trinkwasseraufbereitung ist bekannt, daß bei der Chlorung, insbesondere bei der Chlorung von organisch belasteten Wässern, organische Halogenverbindungen entstehen (35). Die Bedeutung dieser Kohlenwasserstoffe liegt in ihrer vermuteten gesundheitsschädigenden Wirkung; einige zeigen im Tierversuch Kanzerogenität (35). Von besonderem Interesse ist dies für stark exponierte Personen wie Bademeister und Leistungsschwimmer, die täglich mehrere Stunden im Schwimmbad verbringen. Aus diesem Grunde sollte man danach trachten, die Konzentration der Kohlenwasserstoffe so gering wie möglich zu halten.

Die Desinfektionswirkung von freiem und gebundenem Chlor ist neben der Höhe der Chlorkonzentration, des Verschmutzungsgrades und der Ummantelung der Keime auch von anderen Faktoren abhängig. So spielt der pH - Wert des Wassers eine wichtige Rolle. Vom pH - Wert werden vor allem beeinflußt die Flockungsvorgänge, das Korrosionsverhalten und die physiologische Hautverträglichkeit des Badewassers (14). So erhöhen z.B. niedrige pH - Werte den Wirkungsgrad des Desinfektionsmittels und sind wegen guter Hautverträglichkeit physiologisch erwünscht; sie können aber zu Korrosionen der Anlage führen.

Von Bedeutung ist auch das Redoxpotential für das Desinfektionsmittel. Die Wirkung von Chlor ist umso größer, je ungehinderter es seine oxidative Kraft entfalten kann. Für den Desinfektionseffekt ist dabei entscheidend das Verhältnis zwischen der Oxidationskapazität des Chlors und der Menge der im Wasser vorhandenen, reduzierend wirkenden Substanzen. Dieses Verhältnis kann durch Redoxpotentialmessungen bestimmt werden (4). Dabei sind sowohl freies wie gebundenes Chlor für das Redoxpotential maßgebend. Die Höhe des für die erforderliche Desinfektionswirkung notwendigen Potentials wurde in Versuchen ermittelt:
im Bereich pH 6,5 - 7,5 = 700 mV
im Bereich pH 7,5 - 8,3 = 730 mV (14, 16).

Zur Desinfektion von Wasser stehen neben Chlor noch andere Stoffe zur Verfügung wie Brom, Jod und Ozon. Ozon ist das intensivste Mittel und erzielt in sehr geringen Konzentrationen hohe Inaktivierungsraten. In neueren Hallenbädern findet man zunehmend als sogenannte zweite Reinigungsstufe Ozonaggregate und Aktivkohlefilter. Das Ozongas wird in das abgebadete Umwälzwasser eingetragen und wirkt hier oxidativ und koagulierend auf Wasserinhaltsstoffe ein, wobei gleichzeitig eine schnelle und sichere Keimabtötung stattfindet. Die nachgeschaltete

Aktivkohle hat die Aufgabe, ausgeflockte Substanzen durch Filtration zurückzuhalten, organische Stickstoffverbindungen katalytisch umzusetzen und noch vorhandene Ozonreste chemisch abzubauen. Vor allem treten beim Abbau von Stickstoffverbindungen durch Ozon nicht die unangenehmen Substitutionsprodukte auf wie beim Abbau durch Chlor, so daß bei einer Nachchlorung eines ozonten Badewassers auch keine störenden Mengen an Substitutionsprodukten bilden können. Da Ozon selbst in großer Verdünnung noch sehr giftig ist, darf es im Schwimmbadwasser nicht mehr vorhanden sein (29).

Brom ist gleichfalls ein intensives Desinfektionsmittel. Es hat jedoch den Vorteil, daß die entstehenden Bromamine keine Reizwirkungen auf die Schleimhäute ausüben. Ungeklärt ist aber, ob bei der Bromung zusätzliche Verfahrensschritte zum Abbau organischer Stoffe notwendig sind. Das Oxidationsvermögen ist nämlich im Vergleich zu Chlor erheblich geringer und reicht meist nicht aus für die Oxidation organischer Verbindungen. Deswegen muß in den Aufbereitungsprozeß eine zusätzliche oxidative Verfahrensstufe, z.B. Ozonung, integriert werden (15). Eine Zulassung von Brom als Desinfektionsmittel für die Schwimmbadewässer durch das Bundesgesundheitsamt steht noch aus (28).

Jod ist ein schwaches Desinfektionsmittel. In der USA wird es zur Schwimmbadesinfektion benutzt, ohne daß schädliche Auswirkungen auf die Besucher aufgetreten sind (29). Einige Bakterienarten und vor allem Stickstoffverbindungen und organische Stoffe werden durch Jod nicht ausreichend inaktiviert (28). Nach JENTSCH ist mit einer Zulassung von Jod als Desinfektionsmittel für Schwimmbäder nicht zu rechnen.

Wie bereits ausgeführt, wird die Desinfektion des Schwimmbadwassers erheblich beeinträchtigt von [illegible] Belastungsstoffe. Die Eliminierung dieser Belastungsstoffe ist also eine wesentliche Voraussetzung für das Funktionieren des Desinfektionsverfahrens (14). Dabei erfolgt zuerst eine Entfernung grober Schwimmstoffe wie Haare, Hautschuppen etc. durch ein Sieb. Die Abscheidung kolloidal gelöster Teilchen erfolgt in der Regel durch Flockung und Filtration über Kies- oder Mehrschichtfilter. Hier werden wohl die meisten Belastungsstoffe aus dem Badewasser herausgeholt, so auch ein großer Teil von Bakterien, die von kolloidalstoffen umhüllt sind. Echtgelöste organische Stoffe werden schließlich durch oxidierende Desinfektionsmittel wie Chlor oder noch zusätzlich durch Ozon oxidiert. Hierbei findet jedoch nur eine Reduzierung und keine vollständige Eliminierung dieser Stoffe statt. Die verbleibenden Reststoffe können dann nur noch durch Verdünnung mit frischem Füllwasser reduziert werden (Abb. 1).

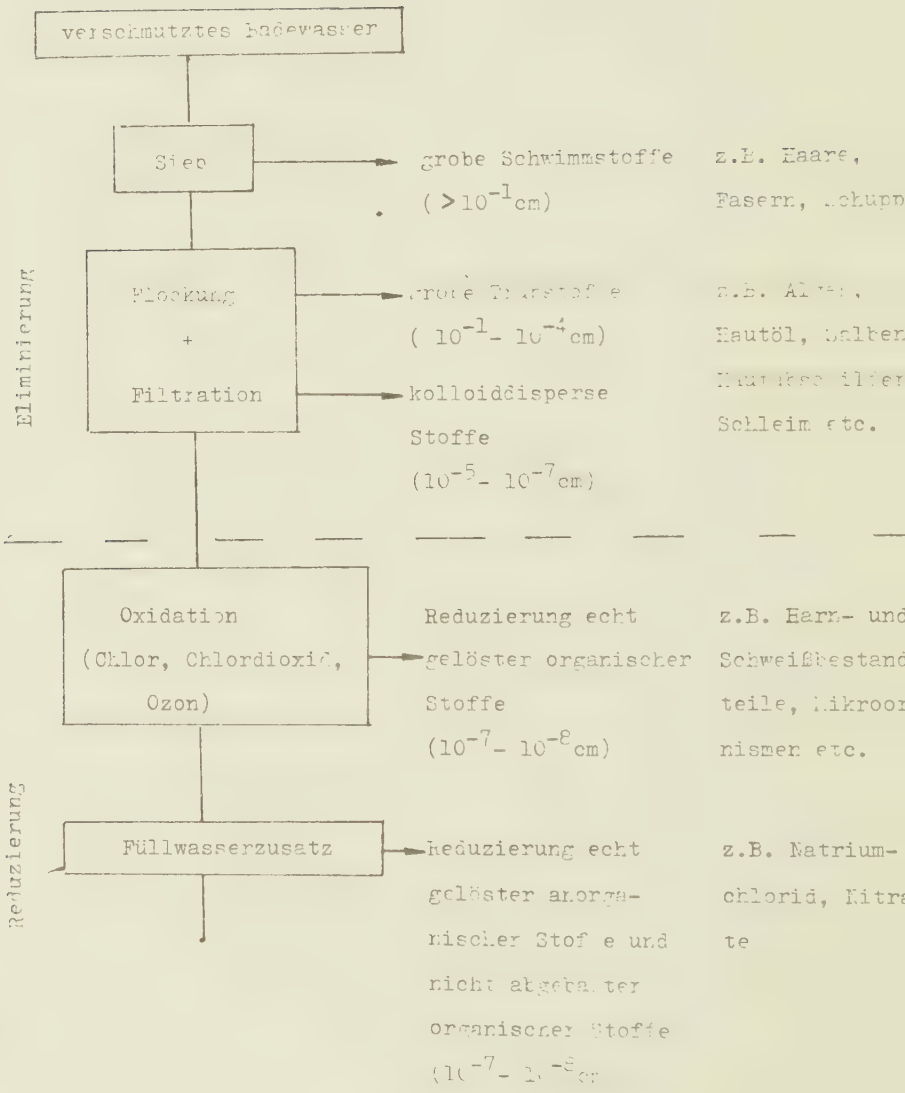


Abb.1 Stufenweise Eliminierung bzw. Reduzierung von Badewasserbelastungsstoffen, n. MICHELSDÖRFER (14)

Entscheidend für ein hygienisch unbedenkliches Badewasser ist also das Zusammenwirken verschiedener Aufbereitungs- und Umwälzschritte wie Siebung, Flockung, Filtration, Oxidation durch Desinfektionsmittel und schließlich die Desinfektion des Schwimmbadwassers selbst.

In dieser Arbeit sollten drei Parameter verglichen werden, mit deren Hilfe es möglich ist, in einem Schwimmbad die Aufbereitung, die Belastung des Schwimmbadwassers und die Desinfektionskapazität des Badewassers zu überprüfen.

Ein aktueller Zustand des Wassers kann ermittelt werden, indem man die Koloniezahl (früher Gesamtkeimzahl) als Indikator für die Belastung annimmt und mit einfachen Mitteln bestimmt. Obwohl schon lange in Gebrauch, ist die Koloniezahl als Indikator für die bakteriologische Unbedenklichkeit eines Schwimmbadwassers nicht unumstritten (21). So fanden BOTZENHARDT et al. (2), ebenso wie GRÜN und KLEYBLINK (22) in ihren Untersuchungen erhebliche Schwankungen der Koloniezahl. Gleichzeitig ließen sich die ermittelten Werte in keine Korrelation zum Redoxpotential, zur Chlorkonzentration oder zum pH - Wert des Schwimmbadwassers bringen (2, 33). Trotz dieser Einwände fand die Kontrolle der Koloniezahl in der DIN 19 643 zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser (13) ihren Niederschlag, wonach in 1 ml Beckenwasser nicht mehr als 100 KBE nachweisbar sein dürfen.

Der Nachweis von Pseudomonas aeruginosa gilt als ein Anzeichen für eine mangelhaft rückgespülte Filteranlage und damit für eine unzureichende Aufbereitung des Badewassers. So ist bekannt, daß diese Bakterienart zur Besiedlung der Filter und anderer Badewasseraufbereitungseinrichtungen befähigt ist und wegen ihrer niedrigen Nährstoffbedürfnisse zu einer massiven Vermehrung neigt (2, 3, 18). Ferner ist Pseudomonas aeruginosa ein Keim, der vermehrte humanpathogene Bedeutung hat, da er Otitis media und externa hervorrufen kann (2). So konnte mit Hilfe der Phagentypisierung der Nachweis erbracht werden, daß die im Badewasser und bei gehäuft auftretender Otitiden gefundenen Stämme identisch waren (2, 17, 20). Das Interesse an Pseudomonas aeruginosa als Indikatorkeim zur Beurteilung von Schwimmbadwasser ist daher groß. Eine Untersuchung des Hygiene - Instituts Gelsenkirchen zeigte, daß in 109 Hallenbädern alle Werte für Pseudomonas aeruginosa negativ waren (36). Das deckt sich auch mit den Ergebnissen anderer Autoren (1, 1a). In der DIN 19 643 fand der Nachweis von Pseudomonas aeruginosa seinen Niederschlag darin, daß in 100 ml Beckenwasser der Keim nicht nachweisbar sein darf.

In dieser Arbeit sollte das Schwimmbadwasser von fünfzehn Berliner Hallenbädern auf die Koloniezahl und auf Pseudomonas aeruginosa hin überprüft werden. Gleichzeitig sollte eine Methode entwickelt werden, mit deren Hilfe es möglich ist, die Desinfektionskapazität des Schwimmbadwassers

zu kontrollieren.

Dabei sollte die Desinfektionskraft des Wassers mit Hilfe eines Testkeims überprüft werden, der dem Badewasser zugesetzt und dessen Absterbegeschwindigkeit bestimmt werden sollte. Als Testkeim wurde E. coli verwendet. Aus naheliegenden Gründen war es dann nicht möglich, das Badewasser selbst z. kontaminieren, so daß Proben untersucht werden mußten, die direkt im Schwimmbad verarbeitet werden sollten.

Eine Methode zur Bestimmung der Desinfektionsmittelkapazität von Schwimmbadwasser im Labor hatten schon CARLSON, HÄSSELBARTH und LANGER entwickelt (9). Dabei wurde das geschlorte Wasser in ein Kolbensystem gepumpt, mit Testkeimen inokuliert, und nach einer Durchmischungsphase wurden Wasserproben an verschiedenen Stellen entnommen (Abb. 2). Diese Methode ist zur Messung der Desinfektionsmittelkapazität im Schwimmbad selber jedoch ungeeignet. Die verwendeten Materialien sind sehr kostspielig und daher nicht für alle örtlichen Kontrollinstitutionen verwendbar. Zudem ist der Versuch sehr zeitaufwendig und nur mit mehreren Personen durchführbar. Schließlich lassen sich die notwendigen Geräte nur schwer transportieren und sind nicht für die Räumlichkeiten in jedem Schwimmbad geeignet.

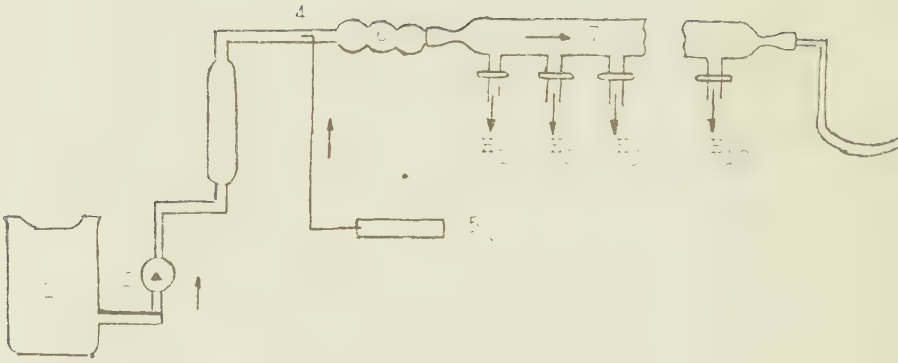


Abb. 2

Vereinfachte schematische Darstellung der Versuchsapparatur zur Bestimmung der Keimtötungsgeschwindigkeit im Labor nach CARLSON, HÄSSELBARTH und LANGER (9). Aus dem Versuchswasserbehälter (1) wird das Testwasser über eine Kreiselpumpe (2) in den Volumendurchflußregler (3) gepumpt. Danach erfolgt die Injektion der Keimsuspension (4) aus der Dosierinfusionspumpe (5). In der Mischkammer (6) werden Keime und Testwasser gleichmäßig vermischt. Während der Chlorkontaktstrecke der Keime (7) können aus den Entnahmehähnen (E_1 - E_{12}) die Untersuchungsproben entnommen werden.

Ziel dieser Arbeit war es, eine Methode zu entwickeln, mit deren Hilfe es den örtlichen Behörden ermöglicht wird, regelmäßige Untersuchungen in den Bädern vor Ort durchführen zu können und damit die Desinfektionswirkung des Badewassers direkt zu bestimmen. Voraussetzungen dafür waren ein geringer Materialaufwand, Materialien, die standardisiert in jedem Labor vorhanden sind, und ein einfacher Versuchsaufbau, so daß sich der zeitliche und räumliche Aufwand begrenzt.

2. Material und Methode

2.1. Modellversuch zur Messung der Chlorzehrung durch bakterieller Eintrag

2.1.1. Material

E.coli - Suspension Stamm ATCC 11229

Bechergläser (400 ml) mit 6,5 cm Rührstab

$Na_2S_2O_3$ - Lösung, steril, 0,1n

Glaspipetten, 1 ml

Pipettierhilfe

Eppendorf - Pipette, 0,2 ml

Pipettierspitzen

Nichiro - Mehrfachpipette

1,5 ml - Aufsätze für die Nichiro - Mehrfachpipette in Reagenzgläsern, steril

Injektionsspritzen (2 ml) mit Kanülen

Reagenzgläser mit 1,8 ml Lactose - Bouillon

Mikrotiterplatten (Fa. Greiner & Co)

Lovibond - Kolorimeter mit Tabletten DPD Nr.1 und Nr.3

Magnetrührer mit einstellbarer Drehzahl

Vortexrüttler

Thermobehälter mit Eis

Stoppuhr

Gaskartuschenbrenner

Chlorwasser

2.1.2. Herstellung von Chlorwasser

Zur Durchführung des Versuches mußte im Labor Chlorwasser hergestellt werden. Dazu wurden zwei 400 ml Bechergläser vorbereitet. An ein pH/mV - Meter wurden eine Platinelektrode und eine Bezugselektrode (Kalomel) angeschlossen.
Das für den Versuch bestimmte Becherglas wurde mit 400 ml PBS gefüllt, auf den Magnetrührer gestellt und ständig durchmischt. Der pH - Wert wurde auf 7,2 eingestellt, die Elektroden eingetaucht und der Nullwert festgelegt (350 - 400 mV). Dann wurde Chlorbleichlauge tropfenweise zugegeben, bis das gewünschte Redoxpotential eingestellt war (700 mV).

2.1.3. Herstellung einer Testsuspension

Escherichia coli (ATCC 11229) wurde auf zwei Petrischalen mit Casein - Sojabohnenmehl - Pepton - Agar ausgestrichen und bei 36 ± 1°C 24 Stunden bebrütet. Mit je 3 ml autoklaviertem Leitungswasser wurden die Keime anschließend abgeschwemmt und bei 6000 U/min für 15 Minuten zentrifugiert. Der Überstand wurde verworfen und das Sediment mit 25 ml autoklaviertem Leitungswasser aufgenommen, resuspendiert und erneut wie oben zentrifugiert. Dies wurde insgesamt dreimal durchgeführt, wobei die Suspension das dritte Mal in 5 ml autoklaviertem Wasser aufgenommen wurde.

Die Extinktion einer in 5 ml suspendierten Menge Bakterien aus einer bewachsenen Petrischale wurde in einem Eppendorf - Photometer bei 578 nm und 1 cm Schichtdicke bestimmt. Durch Hinzufügen von sterilem Wasser wurde diese Suspension auf eine Extinktion von 0,02 eingestellt.

2.1... Versuch zur Messung der Chlorzehrung durch bakterieller Eintrag

In vier 2 ml Injektionsspritzen wurden eine geringe Menge 0,1 normales Natrium - [illegible] und sterile Kanülen aufgesetzt. In ein 400 ml Becherglas mit 6,5 cm Rührstab wurden 200 ml Chlorwasser gegeben. Der Magnetrührer wurde auf 300 U/min eingestellt. Mit einer sterilen Glaspipette wurde 1 ml der E.coli - Suspension dem Wasser zugegeben. Nach jeweils 10, 20, 30 und 60 Sekunden wurden Proben aus der Konusmitte in die Spritzen aufgezogen. (Abb. 3) Die Spritzen wurden dann sofort in Eis gestellt. Parallel mußten zu Beginn des Versuchs, nach 30, 60 und nach 90 Sekunden mit Hilfe steriler Glaspipetten Wasserproben entnommen und das freie und gebundene Chlor nach der DPD - Methode bestimmt werden (25).

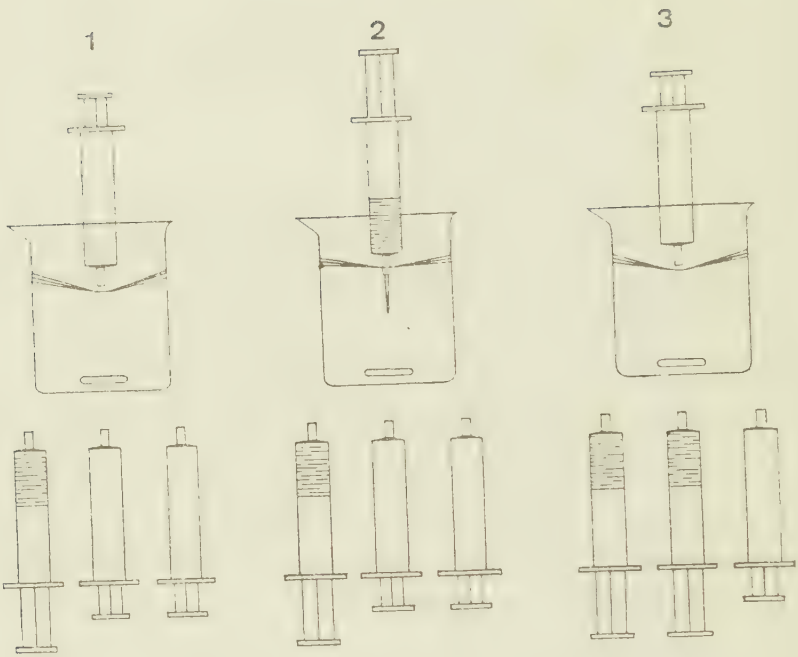


Abb. 3 Darstellung zum Versuch zur Messung der Chlorzehrung durch bakteriellen Eintrag

In der Abbildung ist die Probeentnahme nach 10, 20 und 30 Sekunden dargestellt. Die Injektionsspritzen wurden in die Konusmitte getaucht, und die Proben wurden aufgezogen; in gleicher Weise erfolgte eine Probeentnahme nach 60 Sekunden.

Aus den in Eis gehaltenen Spritzen wurden nun jeweils 0,2 ml in Reagenzgläser mit 1,8 ml Lactose - Bouillon gegeben. Jedes Reagenzglas wurde abgeflammt und auf dem Vortexrüttler durchmischt. Mit einer 0,2 ml Eppendorf - Pipette und sterilen Spitzen konnten 0,2 ml aus jedem Glas entnommen und wiederum in ein Reagenzglas mit 1,8 ml Lactose - Bouillon gegeben werden. Auf diese Weise wurde weiter verfahren in insgesamt sieben Verdünnungsschritten.

Mit Hilfe der Eppendorf - [illegible] mit sterilen 1,5 ml Aufsätzen wurden jedem Verdünnungsschritt 1,5 ml entnommen und in 0,1 ml Schritten auf jeweils 10 Kavitäten einer Mikrotiterplatte verteilt. Jede Platte wurde verschlossen und bei 36 ± 1°C über 24 Stunden bebrütet. An Hand des eingetretenen Farbumschlages der Nährlösung ließ sich nach 24 Stunden mit Hilfe der MPN - Tabelle (25 a) der bakterielle Eintrag, der nach 10, 20, 30 und 60 Sekunden noch vorhanden war, errechnen. Der Versuch wurde zu Kontrolle wiederholt (siehe Abb. 4).

Zur genauen Ermittlung der Ausgangskonzentration des bakteriellen Eintrages wurde analog verfahren wie oben. In ein steriles 40 ml Becherglas mit [illegible] wurden neben 200 ml gechlortem Wasser zum Abstoppen der Chlorreaktion 0,5 ml 0,1 normale Natriumthiosulfatlösung gegeben. Das Ganze wurde 10 Sekunden auf dem

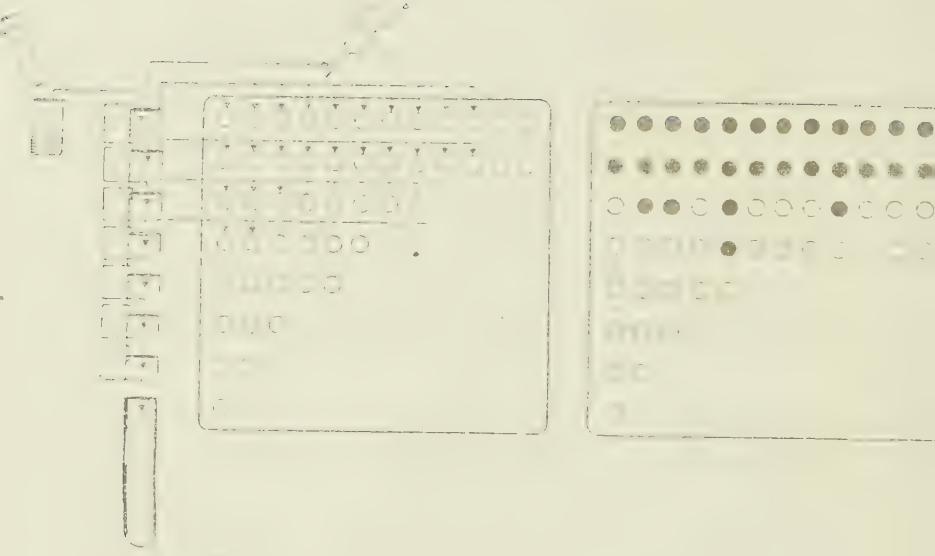


Abb. 4 Darstellung zur Verteilung der Verdünnungsschritte auf die Mikrotiterplatte

In der Abbildung ist dargestellt, wie mit der Nichiro - Mehrfachpipette jedem Verdünnungsschritt 1,5 ml entnommen wurden und in 0,1 ml Schritten auf die zehn Kavitäten der Mikrotiterplatte verteilt wurden. Nach dem Bebrüten der Platte über 24 Stunden war ein Farbumschlag der Nährlösung eingetreten (in der Abbildung die schwarzen Kreise auf der rechten Platte). Die Auswertung erfolgte an Hand der MPN - Tabelle.

Magnetrührer bei 300 U/min durchmischt. Danach wurde 1 ml der E.coli - Suspension mit einer sterilen Glaspipette in die Tiefe des Becherglases gegeben. Nach 10 Sekunden wurden mit einer sterilen 2 ml Injektionsspritze [illegible] [illegible] ...ntnahme erfolgte in der [illegible] [illegible] [illegible] ...is gestellt werden. Verdünnung und Verteilung auf die Mikrotiterplatten erfolgte wie oben beschrieben. [illegible]

Versuch zur Bestimmung der Verteilung einer

E.coli - Suspension im Becherglas

2.2.1. Material

E.coli - Suspension Stamm ATCC 11229

Bechergläser (400 ml) mit 6,5 cm Rührstab

Glaspipetten, 1 ml

Glaspipetten, 5 ml

Pipettierhilfe

Eppendorf - Pipette, 0,2 ml

Eppendorf - Pipette, 0,1 ml

Pipettierspitzen

Reagenzgläser

Reagenzgläser mit 1,8 ml steriler physiologischer Kochsalzlsg

Glasspatel

Endo - Agarplatten

Magnetrührer mit einstellbarer Drehzahl

Vortex - Rüttler

Stoppuhr

Bunsenbrenner

Aqua dest.

2.2.2. Versuch zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli - Suspension im Becherglas

In ein 400 ml Becherglas mit einem 6,5 cm langen Rührstab wurde 200 ml Aqua dest. gegeben. Der Magnetrührer wurde auf 300 U/min eingestellt. Mit Hilfe steriler Glaspipetten wurde 1 ml der E.coli - Suspension dem Wasser zugegeben. Es wurden drei Stellen am Becherglas definiert: am Rand oben, am Rand in der Tiefe und in der Mitte des durch den Rührer entstehenden Konus. Nach jeweils 10, 20 und 30 Sekunden wurde gleichzeitig Wasser mittels steriler 5 ml Glaspipetten an den definierten Stellen aufgezogen.
Nachdem das Wasser aus den Glaspipetten in sterile Glasröhrchen gegeben worden war, wurden mit einer 0,2 ml Eppendorf - Pipette 0,2 ml aus jedem Glas entnommen und wiederum in jeweils ein Röhrchen mit 1,8 ml steriler physiologischer Kochsalzlösung gegeben. So wurde weiter verfahren in insgesamt vier Verdünnungsschritten. Dabei wurde jedes Glas an der Öffnung abgeflammt, verschlossen und auf dem Vortex - Rüttler durchmischt.
Nach erneutem Durchmischen und Abflammen wurden aus den letzten beiden Verdünnungsstufen mit einer 0,1 ml [illegible] ausgespatelt. Von jeder Verdünnungsstufe wurden zwei Platten angelegt. Die Platten wurden 48 Stunden bei 36 ± 1°C bebrütet und nach 24 und 48 Stunden ausgezählt. Der Versuch wurde zur Kontrolle wiederholt.

2.3. Versuch zur Bestimmung der Koloniezahl

2.3.1. Material

Plastikflasche, 500 ml

steriler, verflüssigter Agar in einem Glaskolben

Wasserbad mit heißem Wasser

Petrischalen

Glaspipetten, 1 ml

Pipettierhilfe

$Na_2S_2O_3$ - Lösung, 0,1 normal

Thermometer

2.3.2. Bestimmung der Koloniezahl

Mit einer sterilen 500 ml Plastikflasche wurde Wasser aus dem Schwimmbecken entnommen und mit 0,1 normalem Natrium - Thiosulfat versetzt. Anschließend wurden je viermal 1 ml der Probe entnommen und in vier Petrisschalen gegeben. Danach wurden alle vier Schalen mit Agar übergossen, ebenso eine fünfte Schale, die als Sterilkontrolle dienen sollte. Um den Agar auch im Schwimmbad flüssig zu halten, wurde er in einem Thermogefäß mit heißem Wasser aufbewahrt. Der Agar durfte beim Übergießen der Proben eine Temperatur von 50°C nicht überschreiten, um die Bakterien nicht zu schädigen. Mit dem Thermometer wurde vor dem Versuch die Temperatur des Wasserbades kontrolliert, die maximal 48°C betragen durfte. Nach dem Guß wurde die Temperatur des Agars direkt im Kolben gemessen.

Im Labor wurden zwei Schalen 24 Stunden bei 36 ± 1°C bebrütet und zwei Schalen 48 Stunden bei 20 ± 2°C. Die Petrisschale mit der Sterilkontrolle wurde ebenfalls 24 Stunden bei 36 ± 1°C bebrütet. Anschließend wurden die Kolonien bei 6 - 8 facher Vergrößerung ausgezählt. Der Versuchsablauf ist in Abb. 5 schematisch dargestellt.

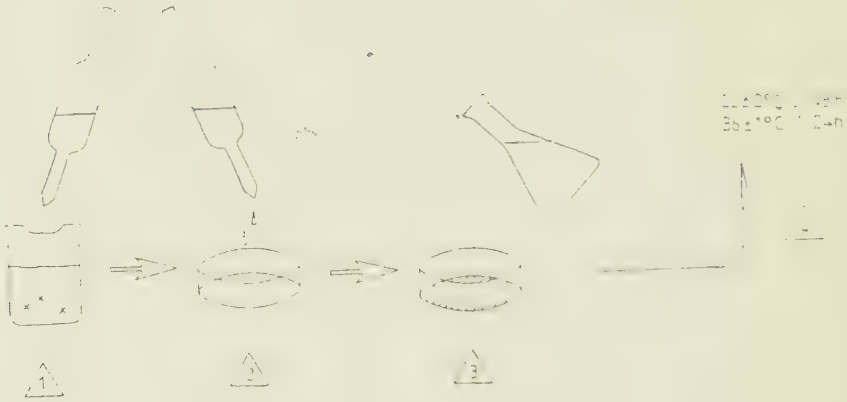


Abb. 5 Schematischer Versuchsablauf bei der Bestimmung der Koloniezahl

1 = Entnahme von 1 ml aus Becherglas mit Beckenwasser, versetzt mit $Na_2S_2O_3$

2 = Ausimpfung in Petrischale

3 = Übergießen mit flüssigem Agar

4 = Inkubation und Auswertung im Labor

3.4. Versuch zur Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa

Material

Plastikflasche, 500 ml

Membranfiltriergerät mit Vakuumpumpe

Membranfilter (Porengröße 0,45 µm)

Reagenzgläser mit je 10 ml Kasein - Sojabohnenmehl - Pepton - Bouillon

$Na_2S_2O_3$ - Lösung, 0,1 normal

Pinzette

Laskartuschenbrenner

2.4.2. Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa

Mit der sterilen Plastikflasche wurde Wasser aus dem Schwimmbecken entnommen. Die Probe wurde sofort mit Natrium - Thiosulfat versetzt. 200 ml der Probe wurden in der Membranfilteranlage filtriert. Danach wurde der Membranfilter mit der Pinzette in ein steriles Reagenzglas mit 10 ml Casein - Sojabohnenmehl - Pepton - Bouillon (32 a) gegeben. Das Reagenzglas wurde abgeflammt und verschlossen.

Im Labor wurden die Proben 48 Stunden bei 36 ± 1°C bebrütet und dann nach DIN 38 411, Teil 8 weiter verarbeitet (12). Waren Kulturen gewachsen, so mußten typische Kolonien als Reinkulturen auf Endo - Agarplatten differenziert und wieder 24 Stunden bei 36 ± 1°C bebrütet werden. Die typische[illegible] - Bakterien wurden anschließend wie folgt differenziert:

- positive Cytochromoxidase - Reaktion mit Nadi - Reagens,
- Ausstreichen der Kulturen auf King - F(B) - Agar und bebrüten über 24 Stunden bei 36 ± 1°C; anschließend Fluoreszenztest unter UV - Licht,
- Prüfung des Wachstums bei 41 ± 1°C nach 24 Stunden.

Die Versuchsdurchführung ist schematisch in der Abbildung 6 dargestellt.

Abb. 6

Schematische Darstellung des Versuchs zur

1= Becherglas mit Beckenwasser und $Na_2S_2O_3$

2= sterile Filteranlage

2a= Anschluß an Vakuumpumpe

3= Filterpapier 0,45µm Ø mit steriler

4= Filterpapier in Röhrchen mit 10ml

5= Abflammen und Verschließen

6= Bebrütung im Labor

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse des Versuchs zur Messung der Chlorzehrung durch bakteriellen Eintrag

Chlorwassers bestimmt werden. Gleichzeitig sollte gepruft werden, wie hoch die Chlorzehrung über 90 Sekunden mit bakterieller Eintrag ist. Deswegen sollte das freie und gebundene Chlor nach jeweils 30, 60 und 90 Sekunden und bei Versuchsbeginn bestimmt werden. Insgesamt wurde dies in einem Versuch zehnmal durchgeführt, wobei viermal die Desinfektionskraft des Wassers an Hand der Abtötung der Bakterien nach 10, 20, 30 und 60 Sekunden gemessen wurde.

Die Ergebnisse des Versuchs sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt. Bei der ersten Versuchsreihe, bestehend aus fünf Versuchen, lag der bakterielle Eintrag bei $1{,}3 \times 10^6$/ml. Der pH - Wert betrug bei den ersten drei Versuchen pH = 7,8, bei den letzten beider Versuchen pH = 7,7. Der Abfall des freien Chlors über 90 Sekunden lag bei den einzelnen Versuchen zwischen 0,05 mg/l und 0,2 mg/l.

In den letzten beiden Versuchen wurde parallel zur Chlorzehrung die bakterielle Inaktivierung über 60 Sekunden gemessen. Bereits nach 10 Sekunden konnten keine Bakterien mehr nachgewiesen werden.

Bei der zweiten Versuchsreihe lag der bakterielle Eintrag bei $6{,}6 \times 10^8$/ml. Bei den fünf Versuchen war eine Zehrung an freiem Chlor über 90 Sekunden zwischen 0,05 mg/l und 0,3 mg/l festzustellen. Auch hier erfolgte die totale bakterielle Inaktivierung bereits nach 10 Sekunden.

	I. Versuch		II. Versuch		III. Versuch		IV. Versuch		V. Versuch	
	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.
0 sec	0,8	0,7	0,6	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7
30 sec	0,55	0,65	0,45	0,65	0,4	0,65	0,55	0,7	0,55	0,65
60 sec	0,5	0,65	0,45	0,65	0,35	0,65	0,55	0,7	0,55	0,65
90 sec	0,4	0,65	0,45	0,65	0,35	0,65	0,55	0,7	0,55	0,65
$\bar{x}$	7,8						7,7			

Tab. 1

tabellarische Darstellung der Chlorzehrung in mg/l
bei einem bakteriellen Eintrag von $1{,}3 \times 10^8$/ml

	I. Versuch		II. Versuch		III. Versuch		IV. Versuch		V. Versuch	
	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.	Cl fr.	Cl gb.
[illegible]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,5	0,65
[illegible]	[illegible]	0,7	0,55	0,7	0,65	0,7	0,45	0,65	0,45	0,55
[illegible]	0,65	0,7	0,45	0,7	0,65	0,7	0,45	0,65	0,4	0,55
[illegible]	0,45	0,7	0,4	0,65	0,6	0,7	0,45	0,65	0,4	0,55
pH	7,4						7,7			

Tab. 2
tabellarische Darstellung der Chlorzehrung in mg/l
bei einem bakteriellen Eintrag von $6,6 \times 10^8$/ml

7.2. Ergebnisse des Versuchs zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli - Suspension im Becherglas

Um die Desinfektionswirkung in einer Lösung bestimmen zu können, ist es erforderlich, daß das Desinfektionsmittel seine Wirkung in einer homogenen Weise entfalten kann. Es darf also in der Lösung nicht zu inhomogenen Bereichen kommen z.B. dadurch, daß sich das beimpfte Inokulum nicht schnell genug gleichmäßig verteilt. Die Zeit, die das Inokulum zu einer homogenen Verteilung braucht, muß im Vergleich zur Gesamtmeßzeit klein bleiben. Die Desinfektionskraft des Beckenwassers soll im Schwimmbad durch den Zusatz einer E.coli - Suspension überprüft werden. Der Versuch sieht vor, daß einer Wasserprobe im Becherglas E.coli zugegeben und auf dem Magnetrührer durchmischt werden. Die erste Probeentnahme muß jetzt möglichst schnell erfolgen, da sofort nach Zugabe der Suspension die Chlorwirkung eintritt. Zwischen dem Einbringen der E.coli in das Cla und der ersten Probeentnahme liegen aus arbeitstechnischen Gründen mindestens 10 Sekunden. Ob zu diesem Zeitpunkt bereits eine vollständige Durchmischung von Suspension und Wasser eingetreten ist, mußte überprüft werden. Dazu diente der im Labor durchgeführte Versuch.

Die Tabellen 3, 4, 5 und 6 geben einen Überblick über die Ergebnisse. Die gewonnenen Werte wurden eingeteilt in die Entnahmeorte der Proben, die Entnahmezeit und in [illegible] stellte sich heraus, daß die Durchmischung der Testsuspension im Becherglas nach 10 Sekunden bereits vollständig war. Zur Durchmischung der Suspension nach 30 Sekunden bestehen keine signifikanten Unterschiede. Auch die verschiedenen Entnahmeorte der Proben [illegible]

Damit ist für den Versuch im Schwimmbad festzustellen, daß die Zeit der ersten Probenentnahme aus dem Becherglas nach 10 Sekunden für die vollständige Durchmischung der Suspension ausreicht. Ferner tritt eine arbeitstechnische Erleichterung auf, da kein bestimmter Entnahmeort im Becherglas definiert werden muß.

Entnahmeort	Verdünnungsstufe	Entnahmezeit u. Koloniezahl		
		[illegible] sec.	20 sec.	[illegible]
am Rand oben	10^{-5} a	[illegible]	26	[illegible]
	10^{-5} b	71	25	[illegible]
	10^{-6} a	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	10^{-6} b	1	[illegible]	[illegible]
Konusmitte	10^{-5} a	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	10^{-5} b	17	[illegible]	[illegible]
	10^{-6} a	2	[illegible]	4
	10^{-6} b	0	[illegible]	1
am Rand unten	10^{-5} a	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	10^{-5} b	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	10^{-6} a	0	4	[illegible]
	10^{-6} b	[illegible]	5	6

Tab. 3

Dargestellt sind die Ergebnisse des ersten Versuchs zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli - Suspension im Becherglas. Die gewachsenen und ausgezählten koloniebildenden Einheiten sind unter dem Begriff "Koloniezahl" aufgelistet (rechts). Die Werte sind eingeteilt in den Entnahmeort im Becherglas (links), in die Verdünnungsstufe, die auf der Endo - Agarplatte ausgespatelt wurde, und in die Entnahmezeit (rechts). Die Verdünnungsstufen sind in a und b eingeteilt, die aus jeder Stufe zwei Platten inokuliert wurden. Die Werte sind abgelesen nach 24 Stunden.

Entnahmeort	Verdünnungsstufe	Koloniezahl		
am Rand oben	10^{-5} a	32	47	30
	10^{-5} b	34	31	45
	10^{-6} a	4	4	4
	10^{-6} b	2	4	2
Mittelmitte	10^{-5} a	2	20	42
	10^{-5} b	24	36	34
	10^{-6} a	3	2	6
	10^{-6} b	0	4	1
am Rand unten	10^{-5} a	35	29	40
	10^{-5} b	33	29	48
	10^{-6} a	0	6	5
	10^{-6} b	11	5	7

Tab. 4

Zusammengestellt sind die Ergebnisse des ersten Versuchs zur Herstellung einer homogenen Verteilung einer Keim - Suspension im Becherglas. Die gewachsenen und ausgezählten koloniebildenden Einheiten sind unter dem Begriff "Koloniezahl" aufgelistet (rechts). Die Werte sind eingeteilt in den Entnahmeort im Becherglas (links), in die Verdünnungsstufe, die auf der Endo - Agarplatte ausgespatelt wurde, und in die Entnahmezeit (rechts). Die Verdünnungsstufen sind in a und b eingeteilt, da aus jeder Stufe zwei Platten inokuliert wurden. Die Werte sind abgelesen nach 48 Stunden.

Entnahmeort	Verdünnungsstufe	Entnahmezeit u. KBE		
		10 sec.	20 sec.	30
am Rand oben	10^{-5} a	32	25	20
	10^{-5} b	30	27	25
	10^{-6} a	5	7	3
	10^{-6} b	2	1	1
Konusmitte	10^{-5} a	30	32	21
	10^{-5} b	3[illegible]	37	33
	10^{-6} a	6	8	1
	10^{-6} b	4	3	1
am Rand unten	10^{-5} a	36	30	1[illegible]
	10^{-5} b	21	20	20
	10^{-6} a	6	4	1
	10^{-6} b	3	9	4

Tab. 5

Dargestellt sind die Ergebnisse des zweiten Versuchs [illegible] [illegible] der [illegible] einer E.coli-Suspension im Becherglas. Die [illegible] koloniebildender Einheiten sind unter dem Begriff "Koloniezahl" aufgelistet (rechts). Die Werte sind eingeteilt in den Entnahmeort im Becherglas (links), in die Verdünnungsstufe, die auf der Endo - Agarplatte ausgespatelt wurde, und i die Entnahmezeit (rechts). Die Verdünnungsstufen sind in a und b eingeteilt, da aus jeder Stufe zwei Platten inokuliert wurden. Die Werte sind abgelesen nach 24 Stunden.

[illegible]nahmeort	[illegible]	Entnahmezeit u. KBE		
		10 sec.	20 sec.	[illegible] sec.
Rand oben	10^{-5} a	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	10^{-5} b	[illegible]	30	[illegible]
	10^{-6} a	6	[illegible]	4
	10^{-6} b	[illegible]	4	1
[illegible]	10^{-5} a	40	25	[illegible]
	10^{-5} b	14	44	46
	10^{-6} a	6	4	2
	10^{-6} b	4	7	2
Rand unten	10^{-5} a	35	45	39
	10^{-5} b	24	30	30
	10^{-6} a	1	4	3
	10^{-6} b	7	20	5

6

[illegible]estellt sind die Ergebnisse des zweiten Versuchs (Kon[illegible]lversuch) zur Bestimmung der Verteilung einer E.coli-[illegible]ension im Becherglas. Die gewachsenen und ausgez[illegible] [illegible]nieteilenden Einheiten sind unter dem Begriff [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] in a und b unterteilt, da aus jeder Stufe zwei Platten [illegible]kuliert wurden. Die Werte sind abgelesen nach 18 Stunden.

[illegible].3. Ergebnisse des Versuchs zur Bestimmung der Koloniezahl

Von 110 ausgewerteten Proben [illegible] der Inkubation [illegible] kein Wachstum (= [illegible] %). Die wurden im Protokoll als "negativ" vermerkt. Bei 4[illegible] Proben waren die Kolonien nicht zählbar, d.h. > 100 (= 35,3 %). [illegible] Proben waren auszählbar (= 27,3 %) (siehe Tabelle [illegible] – 21 im Anhang [illegible]).

Der Durchschnitt der zählbaren Koloniezahlwerte lag bei 346 mit Extremen [illegible] bzw. [illegible] (Abb. [illegible]). Abb. 8 zeigt die zählbaren Koloniezahlwerte (22 ± 2°C / 48 h), aufgetragen gegen die Konzentration an freiem Chlor und gegen die Redoxspannung.
Abb. 9 zeigt auf gleiche Weise die Werte bei 36 ± 1°C / 24 h.
Es läßt sich keine Korrelation zwischen der Höhe der Koloniezahl und der Chlorkonzentration bzw. der Redoxpotential erkennen.
Auch mit dem pH - Wert ergab sich keine Korrelation [illegible].

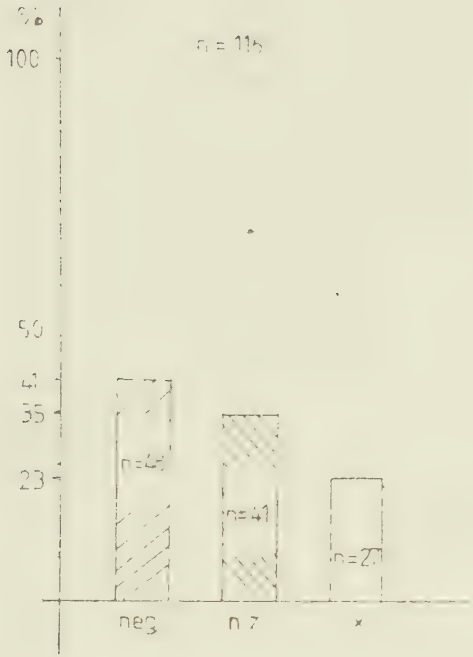
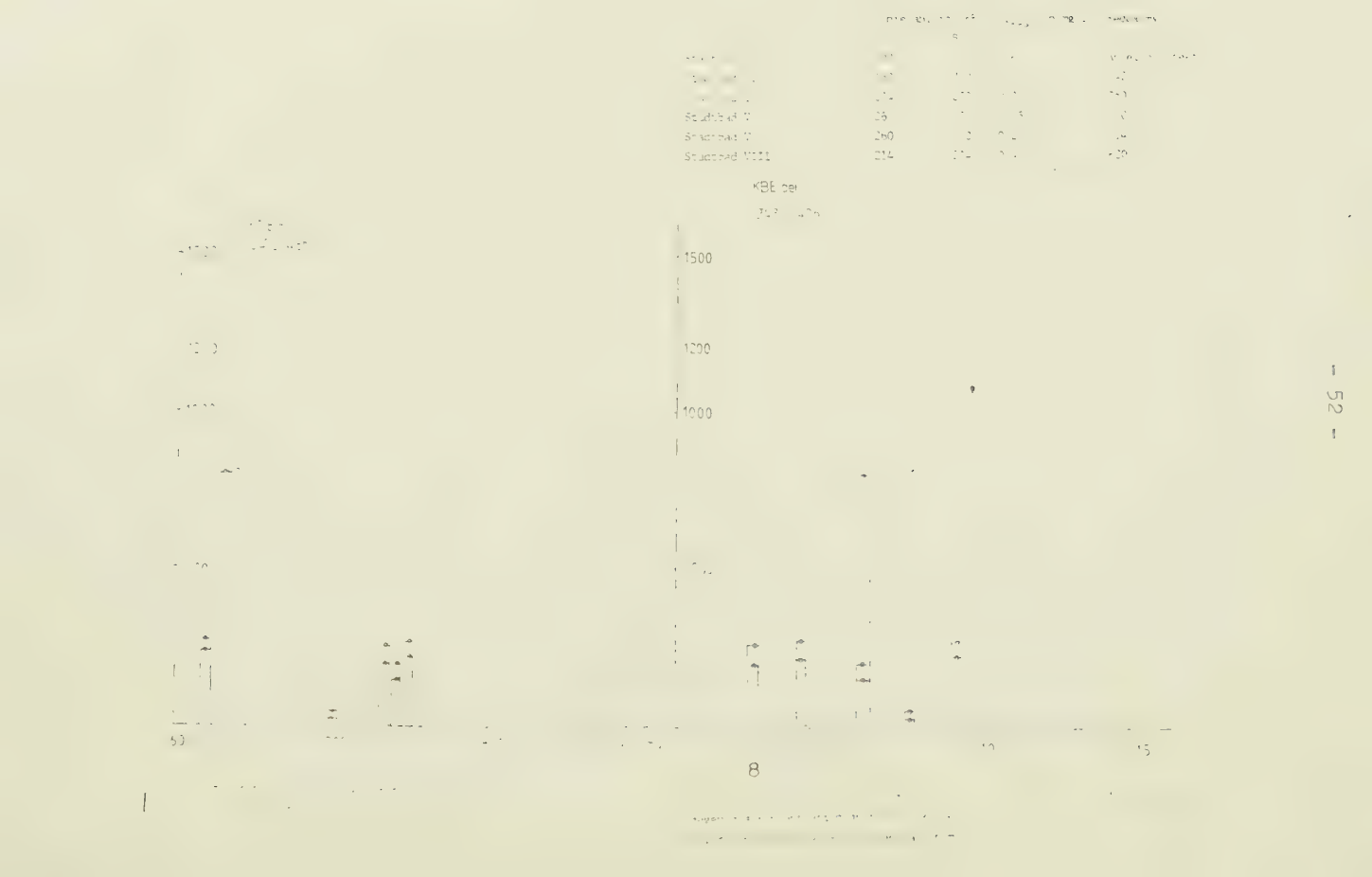


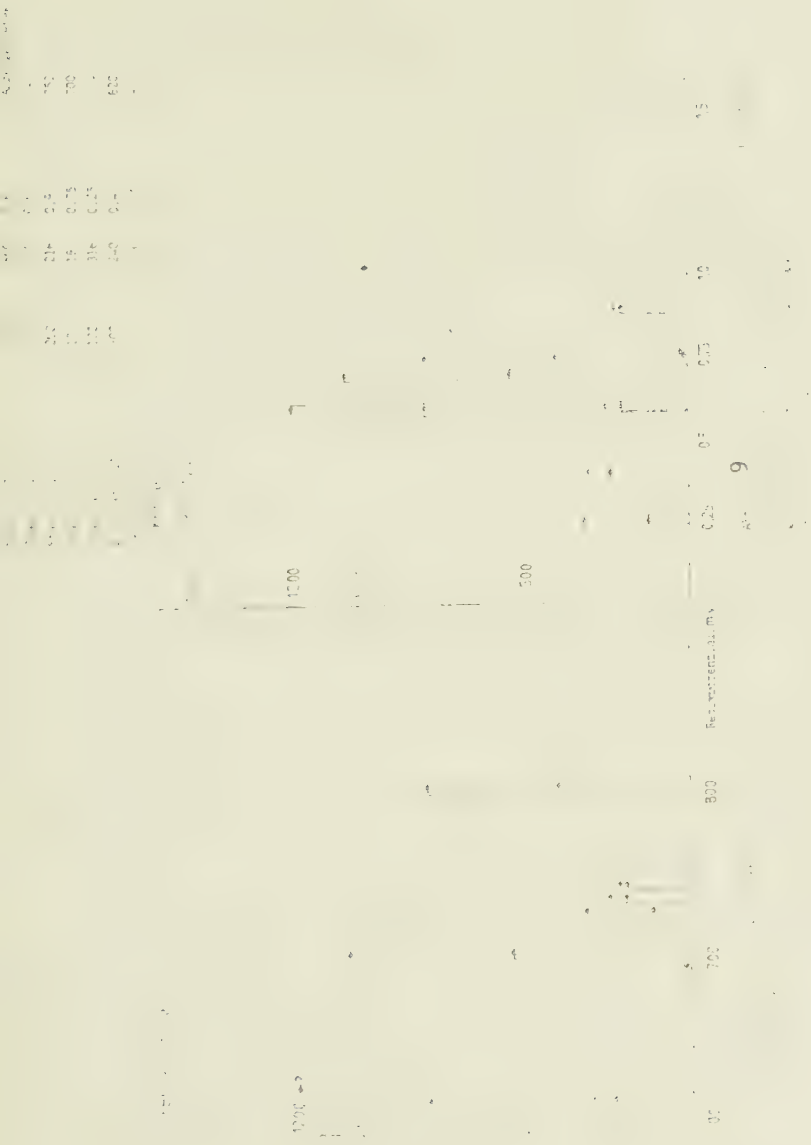
Abb. 7

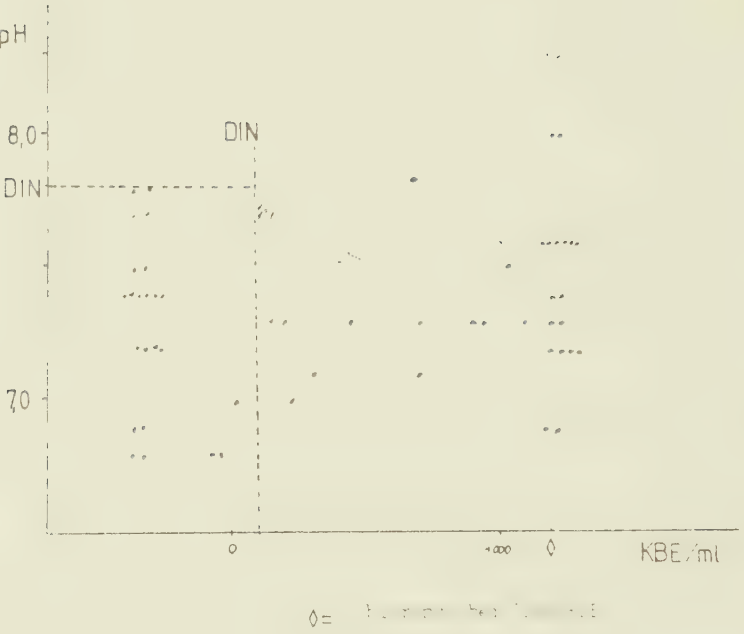
Versuch zur Bestimmung der Koloniezahl.

116 Proben (=100%) waren

[illegible]


1500
1000
8





∅= [illegible]

Abb.10

Einfluß des pH-Wertes auf die Anzahl der koloniebildenden [illegible]

DIN= max. 100 KBE/ml

= pH 6,5 - [illegible]

3.4. Ergebnisse des Versuchs zur Bestimmung von *Pseudomonas aeruginosa*

Bei 29 Schwimmbadbesuchern konnten 58 Proben untersucht werden. In keinem Fall ließ sich *Pseudomonas aeruginosa* in 200 ml Beckenwasser nachweisen.

4. Diskussion

Einem Erfahrungsbericht von W. STEUER folgend, liegen bei Schwimmbädern Theorie und Praxis sowie hygienische Forderungen und Gegebenheiten nicht selten weit auseinander (17). Das Schwimmbadwasser muß stets in einem hygienisch einwandfreien Zustand sein und bedarf daher der konstanten Überwachung. Diese obliegt in erster Linie dem Amtsarzt und den örtlichen Gesundheitsämtern (...). Die DIN 19643 zur Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Beckenwasser sieht eine monatliche Kontrolle der Wasserbeschaffenheit bei Hallenbädern vor, wobei die Zeitfolge verlängert werden kann, wenn freies Chlor, gebundenes Chlor und pH - Wert oder freies Chlor, Redoxspannung und pH - Wert kontinuierlich gemessen und dokumentiert werden und die Desinfektionsmittelzugabe automatisch geregelt wird (13).

Auf die Nebenwirkungen von Chlor als Desinfektionsmittel im Zusammenhang mit anfallenden Chlorstickstoffverbindungen und halogenierten Kohlenwasserstoffen wurde an anderer Stelle schon hingewiesen. Leider wird bei Beanstandungen von Beckenwässern häufig eine Erhöhung der Chlorkonzentration verlangt, eine Maßnahme, die nach CARLSON und HASELBARTH lediglich zu Belästigungen der badenden führt, ohne das Infektionsrisiko zu schmälern (6, 7). Es sollte

daher nur die notwendige Konzentration an [illegible] mittel dem Badewasser zugesetzt werden. In der Richtlinien für Bäderbau und Bäderbetrieb wurde daher auch erstmals ein Höchstwert für Chlor angeführt, der je nach Aufbereitungsverfahren zwischen 0,5 und 0,6 mg/l [illegible].

[illegible] der [illegible] Desinfektionsmittelkonzentration [illegible] die Desinfektionskapazität, die im Schwimmbadwasser vorhanden ist. In der DIN 19643 zur Aufbereitung [illegible] Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser wird für die Desinfektion eine Keimtötung an E.coli von drei Zehnerpotenzen innerhalb von 30 Sekunden zugrunde gelegt (13).

Bei der Überprüfung der Desinfektionskapazität des Beckenwassers sollte eine Wasserprobe, die direkt dem Schwimmbecken entnommen wird, mit einer E.coli - Suspension inokuliert werden. Es sollten die Chlorwerte an freiem und gebundenem Chlor vor und nach dem Versuch gemessen und die Keimtötungsgeschwindigkeit, der die E.coli - Suspension im Chlorwasser unterliegt, festgestellt werden.

Um die Desinfektionskapazität in einer wässrigen Lösung bestimmen zu können, muß die Verteilung der Testkeime im Wasser homogen erfolgen. Die Vorversuche haben [illegible], daß nach maximal 10 Sekunden Durchmischungszeit eine adäquate Verteilung der Keime vorhanden ist.

Dabei ist die Verteilung so vollständig, daß auch der Entnahmeort der Proben aus dem Becherglas undefiniert bleiben kann, was eine Arbeitserleichterung darstellt.
Ferner wird die Chlorkonzentration des Beckenwassers vor dem Versuch mit Hilfe der Palin'schen DPD - Methode gemessen. Diese Methode ist standardisiert und hinreichend genau (2). Auch nach dem Versuch wird die Chlorkonzentration des Beckenwassers gemessen, so daß man einen Wert über die Chlorzehrung gewinnt. Diese sollte niedrig genug sein, um die Desinfektionskapazität des Wassers weiter gewährleisten zu können.

Die Desinfektionsmittelkapazität ist aber auch von Parametern abhängig, die mit dieser Methode nicht erfaßt werden können. So kann der ständige Austausch von belastetem Wasser gegen aufbereitetes Wasser durch Umwälzanlagen zu Wirbel- und Totraumbildungen führen. Innerhalb dieser Rotationszonen im Schwimmbeckenwasser, die praktisch nicht am Austausch teilnehmen, ist der Verschmutzungsgrad des Wassers erheblich höher (6). Es ist daher wichtig, im Schwimmbecken eine gleichmäßige Durchströmung aufrecht zu erhalten, um solche Toträume zu vermeiden. Um einen repräsentativen Überblick zu erhalten, sollten deshalb mehrere Proben bei einem Besuch im Schwimmbad verarbeitet und gegebenenfalls der Besuch an [illegible] wiederholt werden. Natürlich kann mit der Methode die exakte Inaktivierungskapazität für Bakterien im Schwimmbeckenwasser nicht wiedergegeben werden, denn bei unserem Verfahren entfällt die kolloidale Ummantelung für den Testkeim, die die Bakterien im Schwimmbeckenwasser

schützt und die Desinfektionsmittelwirkung herabsetzt. Grundsätzlich trifft dies aber auf alle Prüfsysteme zu, da die standardisierte Kultivierung der Testkeime unumgänglich ist (31).

In der DIN 19 643 (13) werden als mikrobiologische Parameter die Bestimmung der Koloniezahl und der Nachweis von Pseudomonas aeruginosa festgelegt.

Die Koloniezahl gilt als Kriterium für die aktuelle anthropogene Belastung des Wassers. Dabei soll die Koloniezahl nach den Richtlinien für Bädertau und Bäderbetrieb und nach der DIN 19 643 eine Gesamtkeimzahl von 100 KBE/ml nicht überschreiten (7, 13). Es handelt sich hierbei nach SACKE um eine empirische Zahl aus der Trinkwasserhygiene (31).

Zur Erfassung der Koloniezahl wurden in dieser Arbeit Wasserproben von 1 ml im Koch'schen Plattengußverfahren auf bakterielle Kontamination überprüft. Von 116 Proben aus fünfzehn Berliner Schwimmbädern waren 48 negativ für Koloniezahlen und 41 nicht zählbar. Von den 27 ausgezählten Proben waren allein acht geeignet, die Forderungen der DIN 19 643 zu erfüllen. Zusammen mit den 41 nicht zählbaren Proben ergaben sich 60 von 116 Proben, die die Auflagen nicht erfüllten. Damit waren 52% aller Wasserproben zu beanstanden.

Die Aussagekraft der [illegible] im Schwimmbadbereich ist jedoch begrenzt. So kann [illegible] Höhe der Koloniezahl nicht unbedingt mit dem Nachweis fakultativ -

pathogener Erreger (18, 22). In einer Untersuchung von EXNER und THOFERN konnte nachgewiesen werden, daß es darüberhinaus wichtig ist, die Kolonienzahl bei 37°C und nicht bei 22°C zu bestimmen, da hier eine bessere Korrelation mit dem Nachweis fakultativ - pathogener Erreger wie Pseudomonas aeruginosa und E. coli besteht (18).
Die in dieser Arbeit gefundenen Werte lassen keine Zusammenhänge erkennen, setzt man sie in Bezug zu anderen Werten. Weder mit dem Redoxpotential, noch mit der Chlorkonzentration zeigen sich Zusammenhänge. Die Abbildungen 8 und 9 zeigen in Bezug auf Redoxpotential und Chlorkonzentration ein völlig ungeordnetes Bild. Das trifft auch auf das Verhältnis pH / Koloniezahl zu (Abb. 10).
Es bleibt auch festzuhalten, daß die Koloniezahl keine Rückschlüsse auf die Art der bestimmten Keime zuläßt. Eine erhöhte Koloniezahl kann nur Hinweise geben auf eine allgemein ungenügende Aufbereitung, eine ungünstige Durchströmung des Beckens oder eine starke Besucherbelastung. Umgekehrt reicht eine niedrige Koloniezahl zur Bewertung einer hygienischen Unbedenklichkeit nicht aus. KOPP.AN. nannte daher die Höhe der Koloniezahl auch einen Appetitlichkeitsindikator, keinesfalls jedoch einen Infektionsindikator (27). So kann die Koloniezahl in der DIN 19 643 nur als ein "bakteriologischer Übersichtsindikator" gewertet werden.

Einen Hinweis auf die Infektionsgefahr eines Schwimmbadwassers ergibt sich eher aus der Bestimmung von Pseudomonas aeruginosa. In dieser Arbeit wurde der Nachweis des Keimes nach der DIN 38 411 (12) durchgeführt. Dabei wurde in keinem Bad in 200 ml Beckenwasser Pseudomonas aeruginosa nachgewiesen. Dies spricht für die Qualität der untersuchten Wässer und deren belastungsgerechten Aufbereitung. Die Ergebnisse entsprechen damit der Resultaten der Untersuchung des Hygiene - Instituts Gelsenkirchen, wo in 109 Hallenbädern ebenfalls alle Proben für Pseudomonas aeruginosa negativ waren (36). Auch die Angaben von SACRE und HEINTZ ließen sich bestätigen, wonach der Nachweis von Pseudomonas aeruginosa nicht an eine gleichzeitig erhöhte Koloniezahl gebunden ist (26, 31).

Nach BOTZENHARDT und THOFERN ist die Bedeutung von Pseudomonas aeruginosa als Krankheitserreger für den gesunden Menschen nicht groß (3). Einheit herrscht jedoch darüber, daß unter den Badeinfektionen die Badesinusitis, die Otitis externa und media eine Rolle spielen, die durch Pseudomonas aeruginosa hervorgerufen sein können (2, 3, 17). SCHUBERT erwähnt eine Studie aus Holland, wo im Laufe eines Jahres in einem Freizeitpark allein 300 Otitis externa auf unzureichend gechlortes Badewasser zurückgeführt werden konnten (32).

[illegible] ist Pseudomonas aeruginosa aber auch ein Indikator für

einen hygienischen Mangel. So konnte gezeigt werden, daß Pseudomonas aeruginosa sich sehr rasch an nicht ausreichend rückgespülten Filteranlagen ansammelt und damit das Wasser kontaminieren kann (1, 2, 3, 17). Nur bei täglicher oder zweitägiger Rückspülung kann der Filter ausreichend keimarm gehalten werden (3). Damit ist dieser Keim ein wichtiger Indikator für die Wartung der Aufbereitungs-[illegible].

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß eine hygienische [illegible] des Schwimmbadwassers durch die Messung der Koloniezahl und durch den Nachweis von Pseudomonas aeruginosa allein nicht gewährleistet ist. Der Koloniezahlwert stellt lediglich einen bakteriologischen Übersichtsparameter dar; der Pseudomonas aeruginosa - Nachweis läßt eine Aussage über die Aufbereitung und das Infektionsrisiko zu. Die in dieser Arbeit vorgestellte Methode ermöglicht zusätzlich die Beurteilung der aktuellen Desinfektionskapazität des Schwimmbadwassers, indem eine Inaktivierungskinetik für den Testkeim E. coli erstellt wird. Damit läßt sich die in der DIN 19 643 geforderte Desinfektion, der eine Keimtötung an E. coli von drei Zehnerpotenzen innerhalb von 30 Sekunden zugrunde gelegt ist, überprüfen. Für die Ursachenforschung bei Mängeln im hygienischen Bereich ist auch dieses Verfahren sicher nicht geeignet. Für die Praxis der überwachenden Gesundheitsämter kann die

Methode jedoch wertvoll sein, als einfach und schnell zu erstellende Übersicht über die hygienischen Zustände des Schwimmbadwassers. Ferner geben die Versuchsbedingungen die Möglichkeit, die verschiedenen Aufbereitungs- und Desinfektionsverfahren für Schwimm- und Badebeckenwässer auf mikrobiologischer Basis zu vergleichen, was auch für Firmen, die sich mit der Entwicklung neuer Verfahren und Mittel befassen, wertvoll sein kann.

5. Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit war, eine einfache Methode zu entwickeln, mit deren Hilfe es möglich ist, die Desinfektionskapazität im Schwimmbadwasser vor Ort zu bestimmen.
Die Messung der Desinfektionskapazität von Chlorwasser durch bakteriellen Eintrag in ein Becherglas wurde im Labor mit wenigen Hilfsmitteln durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, daß die benötigten Materialien sich auch im Schwimmbad selber zu Versuchsdurchführung eignen. Gemessen wurde die Chlorzehrung über einen Versuchszeitraum von 90 Sekunden. Gleichzeitig wurde die Keimtötungsgeschwindigkeit durch das Chlorwasser ermittelt, wobei sich im Labor herausstellte, daß bereits nach 10 Sekunden Versuchsdauer keine Bakterien im Wasser nachweisbar waren. Als Testkeim wurde E. coli verwendet.
Eine erste Probeentnahme nach 10 Sekunden war aus arbeitstechnischen Gründen nicht zu vermeiden. In einem weiteren Laborversuch wurde sichergestellt, daß nach 10 Sekunden die Testsuspension vollständig im Becherglas durch den Magnetrührer verteilt war. Es mußte kein Entnahmeort im Becherglas definiert werden, was die Arbeitsweise weiter vereinfachte.
Gleichzeitig wurden in dieser Arbeit die Wässer von fünfzehn Berliner Hallenbädern auf die Koloniezahl und

auf Pseudomonas aeruginosa hin untersucht.
52% der Proben genügten hinsichtlich der Koloniezahl der DIN 19 643 nicht. Korrelationen zwischen der Koloniezahl und Chlorkonzentration bzw. pH - Wert oder Redoxpotential ergaben sich nicht. Auch hohe Chlorkonzentrationen führten nicht zu einer niedrigen Koloniezahl. Damit hat die Bestimmung der Koloniezahl nur einen begrenzten Aussagewert zur Beurteilung des mikrobiologischen Zustandes eine [illegible].
Der Nachweis von Pseudomonas aeruginosa läßt eine Aussage über die Aufbereitung des Wassers und über die Infektionsgefahr für den Badenden zu. Dieser Keim konnte in den fünfzehn untersuchten Berliner Hallenbädern in keinem Fall nachgewiesen werden.
Die vorgestellte Methode zur Überprüfung der Desinfektionskapazität des Badewassers läßt eine Kontrolle eines weiteren Parameters der DIN 19 643 zu, wonach der Desinfektion eine Keimtötung an E. coli von drei Zehnerpotenzen innerhalb von 30 Sekunden zugrunde liegen soll. Da Proben bereits im Schwimmbad einfach verarbeitet werden können, ist die Methode besonders interessant für die Routineuntersuchungen der örtlichen Kontrollinstanzen.

6. Registrierungsblätter der einzelnen untersuchten Schwimmbäder

Tabellen 7 - 21

Koloniezahl^{i} = Koloniezahl nach Inkubation 36 ± 1°C /24 h

Koloniezahl^{ii} = Koloniezahl nach Inkubation 22 ± 2°C /48 h

Tab. 7

Registrierungsblatt des Bades I . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	3.6. 1983		30.7. 1983	
	A / B		A / B	
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
freiem :	0,7 mg/l		0,3 mg/l	
gebunden :	1,0 mg/l		0,4 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl I :	1044	544	negativ	negativ
Koloniezahl II :	-	-	negativ	negativ
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	710		720	
pH :	7,3		7,2	
Temperatur des Beckenwassers :	26° C			

Tab. 1

Registrierungsblatt des Bades II Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum	20.7. 1983		[illegible]	
	A	B	A	B
Konzentration bei Versuchsbeginn an:				
frei :	0,6 mg/l		0,6 mg/l	
gebunden :	1,0 mg/l		0,8 mg/l	
wirksamen Chlor				
[illegible] :	negativ	negativ	1200	800
Koloniezahl II :	negativ	negativ	800	[illegible] zahlbar
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential (in mV) :	[illegible]		Anzeigegerät defekt	
pH :	[illegible]		7,3	
Temperatur des Pechen-wassers :	[illegible]		[illegible]	

Registrierungsblatt des Bades III . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	21.7. [illegible]		3.8. 1983	
	A / .		A / B	
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	0,45 mg/l	0,45 mg/l	0,6 mg/l	
gebunden :	0,75 mg/l	0,75 mg/l	0,75 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl i :	negativ	negativ	250	200
Koloniezahl ii :	negativ	negativ	150	200
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	740		742	
pH :	7,76		7.7	
Temperatur des Beckenwassers :	28		28° C	

Tab.: 1c

Registrierungsblatt des Bades IV . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

	A	B	A /	B
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	1,0 mg/l		0,9 mg/l	
gebunden :	+ 2,0 mg/l		1,0 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl[i] :	nicht zählbar	nicht zählbar	200	216
Koloniezahl[ii] :	nicht zählbar	nicht zählbar	224	270
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential (in mV)	724		750	
pH :	[illegible]		7,7	
Temperatur des Beckenwassers :	[illegible]		[illegible] C	

Registrierungsblatt des Bades V . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Konzentration bei Versuchsbeginn an				
freier	:	0,75 mg/l		0,25 mg/l
gebunden	:	+ 2 mg/l		0,30 mg/l
wirksamen Chlor				
Koloniezahl[i]	:	17	18	120	316
Koloniezahl[ii]	:	26	50	260	
Pseudomonas aeruginosa	:	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential (in mV)	:	700		734	
pH	:	6,8		7,0	
Temperatur des Beckenwassers	:	25° C		25° C	

Tab.: 12

Registrierungsblatt des Bades VI . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum	2.7. 1983	
	A / B	A / B
Konzentration bei Versuchsbeginn an		
frei :	0,46 mg/l	
gebunden :	0,65 mg/l	
wirksamen Chlor		
Koloniezahl I :	negativ	negativ
Koloniezahl II :	negativ	negativ
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	710	
pH :	7,4	
Temperatur des Beckenwassers :	29° C	

Tab.: 13

Registrierungsblatt des Bades VII . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum	28. 7. 1983		4.8. 1983	
	A /	F	A	F
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	1,4 mg/l		0,8 mg/l	
gesamten : wirksamen Chlor	+ 2,0 mg/l		1,4 mg/l	
Koloniezahl[i] :	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar
Koloniezahl[ii] :	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	750		[illegible]	
pH :	[illegible]		[illegible]	
Temperatur des Beckenwassers :	28° C		26° C	

Tab.: 21

Registrierungsblatt des Bades VIII . Aufgezeichnet sind neben dem Datum ,die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	22.7. 1983		1.8. 1983	
	A /	B	A /	B
Konzentration bei Versuchsbeginn an:				
frei :	0,55 mg/l		0,4 mg/l	
gebunden :	0,6 mg/l		0,5 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl[I] :	negativ	negativ	300	240
Koloniezahl[II] :	negativ	negativ	214	274
Vermehrung aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	Anzeigegerät defekt		60	
pH :	Anzeigegerät defekt		7,3	
Temperatur des				
	28° C		25° C	

Tab.: 15

Registrierungsblatt des Bades IX . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	4.8. 1983		5.8. 1983	
	A / B		A / B	
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	1,2 mg/l		0,9 mg/l	
gebunden :	1,4 mg/l		1,2 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl I :	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar
Koloniezahl II :	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar	nicht zählbar
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	720		700	
pH :	7,6		7,6	
Temperatur des Beckenwassers :	27° C		26° C	

Registrierungsblatt des Bades X . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Konzentration bei Versuchsbeginn an				
freie	:	0,55 mg/l		0,7 mg/l
gebundene	:	0,75 mg/l		1,1 mg/l
wirksamen Chlor				
Koloniezahl i	: negativ	negativ	nicht zählbar	nicht zählbar
Koloniezahl ii	: negativ	negativ	nicht zählbar	nicht zählbar
Pseudomonas aeruginosa	: negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	740		700	
pH :	7,8		6,9	
Temperatur des	26° C			

Registrierungsblatt des Bades XI . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

	A / P	A
Konzentration bei Versuchsbeginn an		
frei :	0,26 mg/l	0,3 mg/l
gebunden :	0,35 mg/l	0,4 mg/l
wirksamen Chlor		
Koloniezahl i :	nicht zählbar / nicht zählbar	nicht zählbar / nicht zählbar
Koloniezahl ii :	nicht zählbar / nicht zählbar	nicht zählbar / nicht zählbar
Pseudomonas aeruginosa :	negativ / negativ	negativ / negativ
Redoxpotential : (in mV)	696	720
pH :	7,3	7,2
Temperatur des Beckenwassers :	25° C	26° C

Tab..18

Registrierungsblatt des Bades XII . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	28.7. 1983 A / B		4.8. 1983 A / B	
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	0,5 mg/l		0,25 mg/l	
gebunden :	0,7mg/l		0,35 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl i :	negativ	negativ	nicht zählbar	nicht zählbar
Koloniezahl ii :	negativ	negativ	nicht zählbar	nicht zählbar
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	647		750	
pH :	6,9		7,2	
Temperatur des Beckenwassers :	24° C		24° C	

Tab. 1:

Registrierungsblatt des Bades XIII. Aufgezeichnet [illegible] neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

	25.7.1983			
	A / B			
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	0,75 mg/l			
gebunden :	2,0 mg/l			
wirksamen Chlor				
[illegible]	negativ	negativ	400	800
Koloniezahl 11 :	negativ	negativ	negativ	negativ
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	790		810	
pH :	7,2		[illegible]	
Temperatur °C Beckenwasser °C :	[illegible]		[illegible]	

Tab.: 20

Registrierungsblatt des Bades XIV . Aufgezeichnet sind neben dem Datum, die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	3.8. 1983		5.8. 1983	
	A / B		A / B	
Konzentration bei Versuchsbeginn an				
frei :	0,25 mg/l		0,4 mg/l	
gebunden :	0,35 mg/l		0,5 mg/l	
wirksamen Chlor				
Koloniezahl i :	nicht zählbar	nicht zählbar	negativ	negativ
Koloniezahl ii :	nicht zählbar	nicht zählbar	negativ	negativ
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ	negativ	negativ
Redoxpotential : (in mV)	685		740	
pH :	7,4		7,4	
Temperatur des Duschenwassers :	27° C		26° C	

Tab.: 21

Registrierungsblatt des Bades XV . Aufgezeichnet sind neben dem Datum. die während und nach dem Besuch erfassten Daten für jeden Versuch.

Datum :	23.7. 1993	30.7. 1993
		A / P
Konzentration bei Versuchsbeginn an		
frei :	0,25 mg/l	0,35 mg/l
gebunden :	0,35 mg/l	0,64 mg/l
wirksamen Chlor		
Koloniezahl i :	negativ	negativ negativ negativ
Koloniezahl ii :	negativ	negativ negativ negativ
Pseudomonas aeruginosa :	negativ	negativ negativ negativ
Redoxpotential : (in mV	700	690
pH :	6,8	
Temperatur des Beckenwassers :	27° C	

7. Schrifttum

1. ALTHAUS, H.:
Erfahrungen mit dem Nachweis von
[illegible]

1a. BALACESCU, C., GRÜN, L.:
Bakteriologisch - parasitologische
Untersuchungen an öffentlichen Hallenbädern
Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. 60
292-296 (19[illegible])

2. BOTZENHART, K., THOFERN, E., HÜNFELD, U.:
Krankheitserreger im Wasser von Schwimmbädern - mit besonderer Berücksichtigung
von Pseudomonas aeruginosa
Med. Mschr. 26 Heft 8
304-308 (1972)

3. BOTZENHART, K., THOFERN, E.:
Untersuchungsergebnisse an Schwimmbadfiltern
[illegible] 15
[illegible]

Bedeutung des Redoxpotentials zur
Kontrolle einer bakteriologisch und
virologisch einwandfreien Badewasserqualität
Schr. Reihe Ver. WaBoLuHyg. 38
114-124 (1972)

S.:
Zur Hygiene der Freibadegewässer und
öffentlichen Schwimmbäder
Bundesgesundheitsblatt 12
169-172 (1964)

6. CARLSON, S., HÄSSELBARTH, U.:
Hygienische Überwachung von Schwimmbädern
Arch. Badewes. 22
45-51 (1969)

7. CARLSON, S., HÄSSELBARTH, U.:
Richtlinien für Bäderbau und
Badebetrieb
Schr. Reihe Ver. WaBoLuHyg. 43
87-99 (1975)

8. CARLSON, S., HÄSSELBARTH, U.:
Das Verhalten von Chlor und oxydierend wirkender Chlorsubstitutionsverbindungen bei der Desinfektion von Wasser
Vom Wasser 35
266-283 (1968)

9. CARLSON, S., HÄSSELBARTH, U., LANGER, R.:
Abtötung aggregierter Keime bei der Wasserdesinfektion durch Chlor
Zbl. Bakt. Hyg. 161
233-247 (1975)

10. CHAMBERS, C. W.:
Chlorination for control of bacteria and viruses in treatment plant effluents
J. W. Poll. Con. Fed. 43
221-241 (1971)

11. DEUTSCHES EINHEITSVERFAHREN:
Mikrobiologische Verfahren (Gruppe K)
Nachweis von Escherichia coli und coliformen Bakterien K6
5. Lieferung (1971)

Mikrobiologische Verfahren. Norm K)

Nachweis von Pseudomonas aeruginosa (P A)

DIN 38 411 (1982)

Aufbereitung und Desinfektion von

Schwimm- und Badebeckenwasser

DIN 19 643 (1984)

14. MICHELSDÖRFFER, D.:

Kriterien zur Untersuchung und Beurteilung von Schwimmbeckenwasser

Hydrochem. hydrogeol. Mitt. 1

231-247 (1974)

Untersuchung der Augenreizung durch freies und gebundenes Chlor im Schwimmbeckenwasser

Arch. Badewes. 29

9-13 (1976)

Beiträge zum Stand der Kenntnisse der Risiken in öffentlichen Badeanstalten aus hygienischer Sicht

5

17. EXNER, M., HOTZELHARDT, K.:
Vermehrungsorte von Mikroorganismen im Badebetrieb
Arch. Badewes. 5
249-252 (1973)

[illegible]:
Die Entwicklung der bakteriologischen Badewasserbeurteilung
Bundesgesundheitsblatt 24
225-233 (1981)

19. FAIR, G. M., et al.:
The behavior of chlorine as a water disinfectant
J. Am. Wat. Wks Ass. 40
1051-1061 (1948)

[illegible]:
Use of staphylococci as indicators of swimming pool pollution
Publ. Hlth. Rep. 79
61-70 (1964)

21. GRÜN, L.:
Hygienische Kontrolle von Hallenbädern
Zbl. Bakt. Hyg. I
227-236 (1980)

GRÜN, L., [illegible] TYBERNK, E.

[illegible]

Zbl. Bakt. [illegible]

384-390 [illegible]

17. BASCH[illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

24. [illegible] U.:

Wasserhygiene in Schwimmbe[illegible]

Aufbereitung, Desinfektion und

[illegible]

Bundesgesundheitsblatt [illegible]

353-357 (1965)

[illegible]. HASSELBARTH, U.:

Bestimmung von freiem und gebun-

denem wirksamem Chlor

Analyt. Chem. [illegible]

[illegible]

25a. LALVORSON, H. C., ZIEGLER, N. R.:
Application of statistics to problems in bacteriology
Jour. of bact. 2
101-122

26. HEINTZ, A.:
Erfahrungen bei der Überwachung von Beckenbädern
Schr. Reihe Ver. WaboLdHyg. 43
111-119 (1975)

27. HOFFMANN, S.:
Zur Beurteilung der bakteriologischen Beschaffenheit von Badewässern künstlich erstellter Freibäder
Arch. Hyg. 114
180-192 (1972)

Prom, Jod und Wasserstoffperoxid als Desinfektionsmittel

29. KUHLMANN, G. E.:
Die Desinfektion von Schwimmbadwasser
Arch. Badewes. 44
209-212 (1971)

... ...
... halogenated hydrocarbons in the water and air of covered swimming pools using chlorine for water disinfection
... ...

... ...
Bakteriologische Untersuchungsergebnisse von Schwimmbadwasser durch ein Medizinaluntersuchungsamt
Arch. Badewes. 4
136-137 (1973)

31. ... E., H. P. W.:
Die Bedeutung des Pseudomonas aeruginosa - Nachweises im Schwimmbadwasser
Arch. ... 41
... -

[illegible]

Zum Nachweis chlorungsvorgeschadigter
P. aeruginosa-Bakterien aus dem Badewasse
Umweltmedizin 2
29-30 (1984)

[illegible]

Probleme der Schwimmbadhygiene
Schr. Reihe Ver. WaBoLuHyg. 43
101-109 (1975)

34. VENKOBACHER, C., et al.:
Mechanism of disinfection: effect
of chlorine on cell membrane functions
Wat. Res. 11
727-729 (1977)

35. WEIL, L., JANIK, J., FICHTLSCHERER, D.:
Organische Halogenverbindungen im
Schwimmbeckenwasser
Wasser Abwasser Forschung 12
[illegible]

[illegible]

Mikrobiologische Untersuchungen von Marz
bis Juni 1979 in einem KOH-gerechter Hall
[illegible]
Arch. Badewes. 32
420-422 (1979)

[illegible]	American Type Culture Collection
[illegible]	Dibutyl-p-phenylendiamin
[illegible]	Kolonien bildende Einheiten
[illegible]	Most Probable Number
[illegible]	Phosphate buffered Saline

Christoph Deckers

Feldkasseler Weg 16
5000 Köln 71

Lebenslauf

Am 11. 3. 1960 wurde ich als Sohn des Leitenden Regierungsdirektors Hans Werner Deckers und seiner Ehefrau Karin Deckers in Berlin geboren. Von 1966-1972 besuchte ich die 7. Grundschule in Berlin-Steglitz. Seit 1972 war ich Schüler der Hermann-Ehlers-Oberschule in Berlin, wo ich 1978 mein Abitur ablegte. Seit 1978 war ich Student an der Freien Universität Berlin im Fachbereich für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Am 2. April 1980 habe ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung abgelegt; am 29. September 1981 habe ich das Physikum bestanden. Am 28. September 1984 legte ich die Staatsexamensprüfung ab und erhielt am 15. Oktober 1984 die Approbation als Zahnarzt. Seit Dezember 1984 arbeite ich in Köln als Assistenzzahnarzt.

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. López Pila für die freundliche Überlassung des Themas. Ferner danke ich Herrn Dr. Seidel und den Mitarbeitern der Abteilung Bakteriologie und Virologie des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes für die freundliche Unterstützung.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen

Berlin 1986